

西南人影作业指挥系统建设 任务书

2024 年 12 月

一、建设背景

全国人影指挥系统目前各区域发展不平衡，目前除了已建的东北、西北区域依托区域人影工程，已补充建设了网络、计算存储资源并纳入气象云平台，并统一开发部署了人影作业指挥系统外，其他已开展或待开展的区域还没有统一建设，目前技术发展只能依托当地的零散投资，缺乏系统性和标准化。随着中国气象局信息化、集约化工作的推动，人影指挥系统的硬件逐步纳入气象信息化集约化建设，软件融入气象大数据云平台并在其上持续改进已成为必然的趋势。

目前，四川、重庆、贵州、云南、西藏、广西等六省全境基本形成了省-市-县三级作业指挥业务系统。但是，各级指挥中心设备老化、功能落后、缺乏统一标准等问题突出。由于一直以来开展的人影作业是以各自的行政区域为主，作业指挥系统、空地通信系统、飞机保障系统都是基于这种作业体系构建的，只能满足本省作业指挥、通信，单架飞机的停场、转场、起降等指挥调度。各省指挥应用软件系统相对独立运行、自成一体，缺乏省-省之间信息交流，难以有效组织实施跨区域联合作业。

2020年11月24日，国务院办公厅印发《关于推进人工影响天气工作高质量发展的意见》（国办发〔2020〕47号），这是指导“十四五”人工影响天气高质量发展的纲领文件，进一步明确了人工影响天气工作的基础性和公益性。其中，明确指出要“提升指挥能力。推进国家和地方人工影响天气指挥平台建设，提升指挥调度和区域协同水平。做好汛期气候趋势监测，提前研判人工影响天气作业需求。发展多源融合云降水同化分析和数值预报系统，提高作业条件识别和效果评估能力。加强空中交通管制部门与气象部门的信息融合，建立智能识别、科学指挥、精准作业、定量评估的人工影响天气一体化业务系统”。

2023年国家人影中心已经初步建成了天工1.0版本（国省一体化人工影响天气综合业务平台），目前正在多个省份开展业务试运行。“天工”是基于气象大数据云平台的“云+端”架构，国-省两级部署、市县级应用的一体化、智能化人工影响天气综合业务平台。计划逐年迭代，全面支持过程预报与作业展望、潜力预报与作业计划、条件预报与预案设计、监测预警与方案设计、跟踪监测与作业指挥、作业分析与效果评估、安全管理等七段实时业务。因此，西南区域人影作业指挥系统要在“天工”1.0版本的基础上进行本地化移植，完善和升级针对西南地区需求的分系统。

二、建设目标

西南区域人影作业指挥系统应用软件将在充分利用天工 1.0（国省一体化人工影响天气综合业务平台）设计的基础上，适应新的气象业务发展规划，契合气象信息化、集约化、标准化的建设要求，实现气象大数据云平台业务化带动人影数据资源整合和业务应用集约，并为气象云建设做好准备工作，统一构建数据环境，统一规划基础设施资源池，统一融入数据加工流水线，打通流程环节，实现人影业务、服务和管理信息组织的扁平化。在应用软件本地化完善与升级的基础上，基于西南区域软件系统的特性化需求，从业务角度将天工 1.0 基础信息、指标和算法更新为西南区域内容，完成软件部署、实现软件全部的业务功能。在上述两步的基础上，对天工 1.0 中尚未完善的功能作进一步的完善和升级开发。

西南区域人影作业指挥系统遵照总体规划、统筹兼顾和分级实施，将在国家/区域、省、地市/县、作业点四级开展，各级之间数据衔接、功能上下互补，体现“横向到边，纵向到底”（“横向到边”指省级业务要实现从预报到监测、指挥、评估的完整功能覆盖，“纵向到底”指贯通四级数据链路，实现空地联动、四级上下联动，空中“底”端到达飞机，地面“底”端到达作业点）的指导思想，并实现西南区域人影作业指挥系统及其业务系统和技术支撑系统的有机结合。

三、主要建设内容

指挥应用软件系统按照天工的设计思路，具备综合监测分析、作业过程预报和作业展望业务（1周）、作业天气过程预报和作业计划制定（72-24小时）、作业条件潜力预报和作业预案制定（24-3小时）、作业条件监测预警和作业方案设计（3-0小时）、跟踪指挥和作业实施（0-3小时）、效果评估、基于物联网技术的人影弹药和装备安全管理等功能。指挥应用软件系统统一开发，纵向由区域、省、地市、县延伸到作业点，在区域中心、省、地市、县级分别部署。

四、功能需求

4.1 基于天工 1.0 的本地化移植分系统

4.1.1 一中心软件平台组件化本地组合调整

基于天工 1.0 的建设，以组件化方式重新组织和设计功能，根据需求通过网络对松散耦合的粗粒度应用组件进行分布式部署、组合和使用。服务层可以直接被应用调用，从而有效控制系统中与软件代理交互的人为依赖性。微服务架构是在当前互联网行业技术的快速发展、敏捷和精益方法论的深入人心、单块传统架构系统面临诸多挑战、容器虚拟化技术与 DevOps 文化快速发展的情况下快速发展而出的软件技术架构的思想。

天工 1.0 移植到西南区域，需要针对西南区域各省（区、市）业务现状和特色数据、特色服务、特色系统，进行各个云系统的内部功能模块重新划分：依据用户的要求、用户软硬件环境情况和使用系统与西北区域的不同情况，对部分功能模块重新划分，重新纳入不同的系统中。

增加初设批复里面的内容：

人影云收集系统功能移植：增加本地特种观测、本地北斗通信、本地空域申报、本地通信流程改造等移植工作。

人影云计算处理系统功能移植：硬件环境及本地大数据云平台上移植、算法库本地

化、本地特色流程、特色业务功能、特色服务产品、特色研究试验的本地化加工处理支撑等。

人影云存储系统功能移植：基于大数据云平台的本地特种观测数据、本地空域数据、本地特色服务产品的存储支撑，要求接入大数据云平台系统以及 MICAPS4.0 后续的更高版本升级。

人影云服务系统功能移植：本地特种观测资料、本地特色流程、特色业务功能、特色服务产品、特色研究试验在 A、B、C 端上的解析、处理、分析、显示等本地化。

4.1.2 基于大数据云平台的“云+端”结构下的人影资料交换系统改造

利用大数据云平台及已建的气象信息网络资源，将各类人影资料作为新增资料纳入大数据云平台的数据采集和资料交换流程。

依据大数据云平台的数据纳入标准，按照其要求，实现人影特种观测数据、作业信息、管理信息、各级产品的数据采集并进行格式检查、转换、编解码、分发等规定流程处理。

此项内容是天工 1.0 所不具备的。其目的是首次通过基于“天擎”框架下的人影资料交换系统改造，打造国省之间标准化的人影数据交换通道模块。云收集、云存储系统与国家人影中心建设的国家级综合业务平台，要通过国内通信系统（CTS）和“天擎”的国省通道完成对接，实现国省两级人影指挥系统之间的典型业务数据实时交换、上线互通。这一模块实现后，将作为云收集、云存储系统内的标准化扩展模块在后续工程中迭代使用。

4.1.3 支持实时历史资料一体化在线访问的人影数据存储管理系统改造

目前，西南地区在运行的人影作业信息管理类似系统繁杂多样，数据采集和数据上报的规范性和准确性无法保障；数据分散在各区域、各省级形成信息孤岛，不利于数据的有效的统一监控以及跨区域的协同作业和统一调度。

为了满足西南区域人影作业指挥系统的实际服务需要和业务现代化发展要求，基于气象大数据云平台已有的技术框架建立人影专用数据子库，提出构建统一的区域地理信息数据服务中心，提供有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述。为保障访问效率，利用空间数据库针对空间数据的功能，在格点数据切片基础上，将网格

数据（NC、GRIB）要素、时间、空间和属性特征有机结合，以丰富多维结构，采用多路搜索树实现非聚集属性的存储和索引，支持时空数据快速分析、写入、持久化、多纬度聚合查询。还要扩展数据统一访问接口 MUSIC，基于其开放出来的存储资源、库体设计开放标准，和对各类数据存储设计、管理的平台支撑能力，对人影特种观测数据、指挥业务和各级服务产品、管理数据、人影业务其他数据等进行规范化和高效的同步、存储、备份和归档管理，在大数据云平台内实现数据入库后的数据同步、迁移清除、归档回取、备份恢复、服务等环节的数据流动。

同时，基于气象大数据云平台的分布式文件系统，依据气象大数据云平台标准及规范实现人影资料存储管理功能，根据业务规则和业务需求，实现数据的分级存储功能，将人影系统中的冷热数据分离，制定相应的分级存储策略，对冷热性质发生改变的数据实现自动地、透明地在上下级存储设备中迁移。

4.1.4 试验示范基地数据分析组件

4.1.4.1 数据管理模块

采集试验示范区内的各种数据资料，并进行数据质量控制和数据初步处理同时以文件、数据库等方式保存本地原始资料，建立资料的索引目录和资料采集日志，数据维护与管理功能，并实现向作业指挥系统的实时数据传输。

4.1.4.2 试验管理模块

管理试验区进行的科研项目的申请、立项、进度监控、项目评估、成果归档。试验计划的制定、修改，并实现与作业指挥系统的集成，直接生成作业指令。集成调用作业指挥系统的综合显示分析功能，提供规范的试验示范报告模板和相关计算工具，实现在线制作试验示范报告。

4.1.4.3 装备管理模块

对试验区的各种装备进行登记入库，记录使用、维护信息，进行综合查询。实时监控各种的装备的运行情况。

4.1.5 安全监管组件

安全监管子系统接入物联网弹药监控系统、安全管理平台、综合业务信息系统的数
据，实现地面作业装备和站点、试验基地观测设备、作业人员等基础信息、安全监管类信息的综合管理与处理分析，实现高炮、火箭等地面作业设备运行维护状态管理，生成作业

信息快报、弹药流转统计分析等产品。

4.1.5.1 安全管理平台融入升级

按照集约化要求，依托人影安全管理平台的建设情况，将人工影响天气安全管理平台融入天工平台，作为天工平台安全管理模块，主要涵盖标准接口开发、平台信息同步、平台功能融入、安全管理综合升级、数据质控分析四方面内容。增加安全射界图制作、管理功能。

4.1.5.2 作业信息管理功能建设

整合现有省级作业信息收集系统功能，规范人影作业信息上报流程，对省级本地历史数据进行安全管理系统的迁移，并对上报的人影作业时间、地点、装备、方位、仰角、用弹量等数据进行风险分析，实现人影作业过程的安全监管。

4.1.5.3 飞机安全管理功能建设

建设飞机安全管理功能，将作业飞机及相关设备的情况纳入管理范畴，加强高空人影作业信息安全监管能力。包括飞机信息管理、机场信息管理、空防安全管理机构、证件管理、飞机年度适航性检查、机载设备适航审定、监察审核、飞机租赁合同、飞机年检报告飞机维护报告、机务维修报告。

4.2 基于西南区域特性化需求的指标算法建设分系统

主要包括本地个例库建设、本地指标体系建设、本地化效果检验评估系统建设三个方面的内容。

4.2.1 本地个例库建设

本项目需要建设不同层级的人影个例库，将筛选、补充、集成、打包之后的数据接入个例库中，并进行定期更新，使这些资料更加方便使用。其中，定期更新需要提供更新规则的定义，包括更新类别、更新周期等定义，然后按照更新规则实现数据库的更新，使这些资料更加方便使用，再建立录入及检索界面，并形成一个人机互动的管理系统。

4.2.1.1 人影个例自动入库

基于历史人影火箭弹、烟炉及飞机人工增雨作业信息，通过对作业编号、作业方案、作业区域、作业起止时间、作业方位等基础信息的采集，根据历史的天气实况及人影作业检验评估数据，依据作业区域、作业效果、降雨阈值等指标，通过数据分析挖掘技术，实

现历史人影个例的自动创建入库。

4.2.1.2 人影个例库管理

人影个例库管理主要实现历史人影灾情个例的可视化查询管理，包括个例维护、个例创建、个例查询等功能。

人影个例库管理支持对自动创建的个例及人工个例的管理，支持人工对个例的自定义创建，提供个例添加接口，输入个例起始时间和结束时间，设定若干人影作业参数，实现个例所需数据自动入库功能。

同时，支持对人影个例库的综合维护，对自动创建的个例是否入库可进行人为判断；对需要人工维护的个例字段，提供二次编辑功能，完善个例信息。

4.2.1.3 人影个例资料归档

人影个例资料归档实现对人影个例相关的历史气象数据的自动关联归档处理，如：人影作业前后降水量、人影作业前后雷达回波演变趋势、人影作业前后降水微物理变化特征、人影作业模式物理量潜式预报特征等；同时支持对历史个例的打包下载归档功能，如下载某个例的增雨作业效果数据等。

4.2.1.4 人影个例检索

基于图表可视化的方式实现人影作业个例多条件检索，按时间查询，如按照个例作业的年份、季节、月份及任意时间范围进行查询；按类别查询，如按照人影火箭弹、烟炉及飞机人工增雨作业的类别进行查询；按作业区域查询，如按全省、全市及具体县（区市）进行查询；按作业效果查询，如增雨正效果、增雨负效果等。

4.2.1.5 人影个例复盘

基于 GIS 地图，通过历史个例复盘功能对相应个例的历史观测信息进行复盘分析，将所选人影作业个例发生时间的相关数据叠加在平台中。数据包括站点数据、雷达数据、云图数据等；支持各类数据通过人机交互选择进行显示隐藏，可通过时间控件进行上一时次、下一时次等操作。

4.2.1.6 个例效果评估

根据作业效果检验评估数据，自动生成并输出历史人影作业效果检验报告，报告使用 Word 文档格式，自动输出通用格式的大红头作业效果检验报告，提供预览、重新生成、下载、修改、上传的功能。报告内容包括：

（1）作业信息

对于火箭或高炮作业，输出作业时间、地点经纬度、发射方位和仰角、作业用弹量等数据；

对于烟炉作业，输出作业时间、地点经纬度、催化剂用量等数据。

（2）效果检验过程

对于增雨和防雹作业，充分利用并结合统计检验、物理检验、数值模拟检验等方法进行作业效果检验。

（3）作业效果与经济效益

对于增雨作业，包括作业影响区的绝对增加量、相对增加率、折合水量、经济效益等；

对于防雹作业，包括回波参量的计算结果，以及大概估算的经济效益。

4.2.2 本地指标体系建设

基于降水实况监测、模式降水预报、雷达外推降水和雨滴谱降水等数据，通过对人影作业各物理特征量的分析，构建本地人影作业指标库，动态对云水含量、降水强度、雷达反射因子、微波衰减作用情况进行计算监控，建立针对指定区域的人影作业需求、人影作业条件、实时作业参数、全程作业情况跟踪指导业务能力，实现人工影响天气作业全流程触觉感知信息化、通信传输集约化、决策指挥智能化，为人影作业保障提供技术支撑。

4.2.2.1 作业需求分析指标

通过对气象、水利水文、森林防火和生态环境等观测数据的收集，根据实况数据监测算法和阈值指标，结合预报预警产品、高时空遥感探测等多源数据进行综合分析，建立自动人影预警算法，形成未来 1-3 天人影作业需求。

4.2.2.2 天气形势指标

利用综合探测资料，分析大范围环流形势，判别天气系统性质，对主要天气系统、降水性质、水汽输送等进行分析研究并归纳，建立有利于人工增雨作业的天气概念模型，确定每种天气概念模型的人工增雨作业的降水回波特征、卫星云图指标、增雨可播性判别指标等方面的增雨作业技术指标数据库。

4.2.2.3 云状判别指标

根据常规气象观测资料（自动气象站、探空、雷达、预报模式等资料）和卫星资料，根据天气系统降水性质、云系类型、结构等情况确定人工增雨作业目标区，分析云宏观物理特征是否满足识别指标，分析云微观物理特征是否满足识别指标。

4.2.2.4 雷达回波强度指标

基于三维雷达数据的基本产品，并根据前人在人工增（消）雨方面的研究成果，确定人工增（消）雨作业天气的候选预警指标使用的输入参数包括：对流单体组合反射率因子、最大反射率因子高度、回波顶高、垂直累积液态水含量四个基于三维组网产品的作业指标，另外还要考虑大气探测数据的当日大气零度层高度。

4.2.2.5 云形成、增长的云微物理条件判别指标

用回归分析得出不同区域、不同季节云粒子浓度与接近探测时间的探湿度参数的回归方程。在此基础上，结合云物理量配置关系的可播性分析，得出西南区域不同季节云系人工增雨可播性实时识别微观物理判据。

4.2.2.6 降水粒子的形成与增长的微物理过程判别指标

雨滴微物理特性及降雨动能是揭示降雨物理本质的重要特征量，降水粒子的形成与增长的微物理过程判别指标包括但不限于：降水粒子微物理特性参数、降水粒子谱速度谱分布、降水粒子降雨动能特征、降水粒子微物理增长判据。

4.2.2.7 人工增雨条件判别指标

人工增雨外场试验作业时，采用适应本地特定条件下的判据和指标，以利于作业技术水平和效果的提高。根据多年的地面人工增雨试验结果，总结出在作业期开展人工增雨的作业条件判据和相应的指标。

4.2.3 本地化效果检验评估建设

依据气减函〔2022〕74号 减灾司印发《人工增雨（雪）作业效果评估业务指南（2022版）》的通知和气减函〔2016〕36号《减灾司关于转发云水资源评估技术指南等3个业务规范的函》，采用统计检验、物理检验和模式检验的方法对人工影响天气作业效果进行效果评估。包括信息收集、合理性分析、效果评估、效益评价以及业务产品的制作和发布等。根据实际云降水条件（层状云、对流云、地形云等）和作业方式（飞机、高炮、火箭、烟炉等），利用本地化的评估方法选取模型，选取适宜的效果检验算法和指标。

4.2.3.1 统计检验效果评估

统计检验的主要评估对象是地面降水量，通过比较未进行作业的自然降水量和作业后的降水量的差值并分析差值的显著性。一般来说，二者的差值即作业效果。作业后的降水量是可以测量的，而未进行作业的自然降水量可通过统计方法来估算。如果两者之间存在差异，则还要对这个差值进行显著性检验，指出由于降水的自然起伏和估计值的随机误差引起这种差异的可能性有多大。目前常用的统计检验方案主要有序列分析、区域对比分析、双比分析和区域历史回归分析等。需要注意的是，作业时段的降水量一般采用小时降水量或日累积降水量。选择小时降水量主要考虑作业的充分性，但降水的自然变率太大，统计检验的区域相关性较差；而选择日累积降水量作为统计变量，其自然变率比小时降水量自然变率小，因此区域相关性更好，但降水量统计时段未必涵盖持续性作业。因此统计检验更多的应用是面向长时间、多作业样本的效果评估。除了序列分析，利用其余三种方案进行作业效果统计检验时，均需事先确定作业影响区和对比区。统计检验主要有序列分析、区域对比分析、双比分析和区域历史回归分析四种方法。其中，区域历史回归分析方法应用最多，效果也最好。

4.2.3.2 物理检验效果评估

物理检验可为人工增雨（雪）作业效果提供物理证据，所以国际上许多人工影响天气试验将其作为效果检验的重要组成部分。物理检验是根据云和降水形成原理和人工影响的机制，利用直接探测、遥感探测和催化剂示踪等各种探测技术，分析由催化导致的云降水宏微观物理响应。通过制定相应的指标，检验人工影响是否显著地改变这些指标来判断作业效果。

4.2.3.3 数值模拟检验效果评估

数值模拟检验是指在描述云降水过程的数值模式中增加人工播云的参数化方案，通过定量预报催化与不催化情况下云的宏、微观参量和地面降水，并与实际观测结果比较，判断作业效果。数值模式不仅能够模拟云和降水的主要过程，而且能够输出多种云降水宏、微观物理参量，以及催化剂扩散传输范围和作业影响区等效果评估产品。一方面可以知晓云和降水过程是否因催化而改变，另一方面可以了解在这一过程中哪个环节（链）发生了变化，这对提高效果检验的科学性和客观性都是非常重要的。此外通过人工影响天气模式与水文模式、大气化学模式等有机耦合，可定量计算人工播云效果带来的水体和空气质量变化，进而评估人工增雨（雪）的作业效益。随着模式的发展和技术进步，通过数值模拟方法分析人工播云机理、定量估算作业效果已成为效果检验的基础工具之一，并逐渐发挥出越来越重要的作用。

4.3 基于天工 1.0 已有基础的新功能完善和升级分系统

4.3.1 生态修复气象保障人工影响天气服务组件

4.3.1.1 生态监测模块

自然生态系统是有机衔接的整体，针对西南区域的水源涵养区，深化与区域内发改委、国土、水利、林业等部门间的合作，建立生态文明建设合作机制，跨部门联动，生态监测子系统基于原有“云收集模块”进行扩展，增加生态修复区内的生态实况收集功能、跨部门信息共享功能，开展跨部门联动，实现全方位多领域信息共享，形成多层次的生态气象交流合作格局。开展高分辨率的“天、空、地”三位一体的立体监测，综合卫星遥感、飞机探测、地面监测等设备，全面掌握生态修复区内实时生态状况，建立水源涵养区生态监测子系统。主要包括：利用 MODIS、风云 FY 系列气象卫星、陆地卫星 Landsat 等卫星，飞机、气球、无人机等航空器以及水文站、气象站等地面监测站点，实时获取水文、气象、植被等数据。

4.3.1.2 云水监测预报模块

云水资源监测评估，是开展人工影响天气作业的基础，目前业务化开展的云水资源监测评估时空分辨率和刻画云水资源的精细化程度不足，无法满足针对特定生态修复和保护区开展人影作业的需求，因此本项目工程将根据西南区域不同保障目标要求，进行云降水特征的分类监测网加强布设，了解和把握目标区域要素齐全、时-空匹配的大气、云和降水宏微观三维结构及湿热力、动力和风场等分布和特征，开展精细化的云水资源评估，为开展云水资源开发利用和作业效果评估奠定坚实基础。同人工增雨作业指标相结合建立机上人工增雨作业决策系统。

利用综合气象观测系统，以及人影特有的机载探测设备等，同人工增雨作业指标相结合建立机上人工增雨作业决策系统；精细模拟和预报特定目标区域的云分辨率并具有冷暖云催化模拟功能，该模式应具有云条件预报、催化效果预估等功能，用以支持作业条件预报、作业方案设计和作业效果检验。包括：格网化模块（区域及省范围数据格网区划处理）、云水监测特征模块（云水监测数据采集统计分析）、云水评估模型模块（基于网格化数据的评估模型建立，评估效果分析）、云水资源评估数据处理模块（数据采集、格网管理、云水资源监测参数、云水资源效果评估、输出打印等所需的各种后台处理）、云水资源

评估输出模块（建设云水资源监测数据、云水资源效果评估结果图形展示、统计分析输出图表，报告自动生成打印）等。

4.3.1.3 生态修复作业指挥模块

根据西南区域内各个水源涵养生态修复区的不同环境背景，结合人影火箭与地面发生器的自身特点，提出地面作业装备布设建议；基于已有人工影响天气作业指挥系统，将水源涵养区生态修复作为一项重要的作业需求模块，综合生态修复相关资料在云服务系统的A、B两端的指挥界面上实时滚动呈现，云服务系统后台集中各类资料融合分析后，提出最优人工影响天气催化作业方案，通过生态修复作业指挥子系统发出作业指令。

4.3.1.4 生态修复效益评估模块

科学地检验和评估人工影响天气作业对生态修复带来的实际效益，是人工影响天气工作的重要组成部分，也是检验人工影响天气科技水平的重要标准，对推动人工影响天气进展具有极其重要的意义。

4.3.2 人工防雹联防联控服务组件

4.3.2.1 数值预报模块

能够准确模拟和预报冰雹的数值模式是常态化开展人工防雹的核心，在原人影云计算系统算法库中，追加新的数值模式，并通过新开发的中试平台进行算法中试，该数值模式应具有雹区识别预报，不同防雹方案的模拟等功能，用以支持防雹条件识别、作业服务方案设计及修正、防雹效果检验等。

4.3.2.2 冰雹监测识别模块

对冰雹的准确监测识别，是开展人工防雹作业服务的基础，该模块主要依据闪电定位系统、卫星云图和天气雷达等实时掌握冰雹的分布及演变状态。通过闪电点位系统测量风暴中的闪电频数；使用卫星云图分辨中小尺度系统云，分析每个云团的结构并与降雹实况对比；使用天气雷达监测冰雹云，主要对可能降雹的回波进行连续跟踪观测，在回波产品中，识别出现的特殊回波形态、运动特征以及回波参量的变化等。

4.3.2.3 人工消雹决策指挥模块

基于原人影云计算系统业务调度处理功能，面向人工防雹配置新的业务调度处理作业方案。利用新开发的人影业务流水线加工系统，开展新作业的自动化调度。并通过三维可视化指挥调度系统进行展示。根据数值预报和闪电定位系统、卫星云图和天气雷达等观测资料，智能识别防雹作业区域，判断作业条件，生成针对冰雹作业服务方案。

4.3.2.4 人工防雹作业实施模块

根据人工防雹决策指挥模块生成的服务方案，向相关作业单位（自动化控制设备）推送作业指令，作业单位（自动化控制设备）根据指令进行作业实施。

根据实时多普勒雷达、FY4A 卫星、FY4B 卫星观测资料等，对作业目标区雹云系演变、作业条件进行跟踪监测；智能化计算作业点的作业（指令），实时局地 and 区域指挥地面防雹作业；同时，及时进行作业效果的检验分析，进行新一轮次的地面作业指令的发出。

地面作业指令设计及检验由地面作业指令智能计算、地面作业指令下达、地面作业状态信息监控、地面作业合理性分析、地面火箭作业催化扩散影响区智能计算、作业效果检验评估报制作、地面作业新一轮次指令发出等模块组成。

4.3.2.5 联防联控信息互通模块

该功能模块主要是实现联防联控区域信息的共享（包括雷打外推作业指令的共享）。

4.3.2.6 人工消雹作业效益评估模块

科学的检验和评估人工消雹的作业效果，是人工影响天气工作的重要组成部分，对推动消雹作业技术的改进具有极其重要的意义。在原人影云计算系统算法库中，增加人工消雹作业评估数值模式，依托观测资料和数值模来进行效益评估。

4.3.2.7 消雹作业实施后的物理响应模块

通过布设的天气雷达等观测资料，获得作业实施前后的雹云内部雷达回波的多种参数以及雹云物理变量的变化情况，评估作业效果。

4.3.2.8 基于数值模式的消雹模拟评估模块

通过接口方式，获取不同消雹作业下的火箭作业播撒数据或高炮作业播撒数据，获取作业过程中的碘化银播撒的时间、持续时间、播撒范围、播撒位置以及播撒速率，通过构建碘化银催化过程与人影微物理方案并实现对人影作业过程中的数值催化过程模拟，输出降水差异结果、水凝物差异结果和热动力差异结果数据信息。

通过碘化银催化实验模拟来评估所选催化剂在不同作业用量、不同作业时机和不同的作业高度下冰雹的演变规律，为人工影响天气消雹作业效率提供较可靠的催化过程模拟参照，为外场消雹作业改进提供技术基础。

4.3.3 人工消雾服务组件

4.3.3.1 数值预报模块

基于充足的云计算能力，能够准确模拟和预报雾的数值模式是常态化开展人工消雾的核心，该数值模式应具有雾区识别预报，不同消雾方案的模拟等功能，用以支持消雾条件识别、作业服务方案设计及修正、消雾效果检验等。

4.3.3.2 雾监测识别模块

对雾的准确监测识别，是开展人工消雾作业服务的基础，该模块主要利用卫星遥感和地面监测探测设备，实时掌握雾的分布及演变状态。主要包括：利用 MODIS、风云气象卫星结合遥感技术识别和监测雾的生消；利用雾滴谱仪、激光能见度仪、超声风速温度仪等专业探测设备，实时获取雾的物理特征等资料；利用自动气象站、微波辐射计等实时获取发生雾时的气象条件。

4.3.3.3 人工消雾决策指挥模块

根据数值预报和卫星遥感监测产品，结合雾滴谱仪、激光能见度仪、超声风速温度仪等仪器资料，智能识别作业区域，判断作业条件，生成针对冷（暖）雾作业服务方案；根据雾滴谱仪、激光能见度仪等实时监测资料，实时更新修正作业方案。

4.3.3.4 人工消雾作业实施模块

根据人工消雾决策指挥模块生成的服务方案，向相关作业单位（自动化控制设备）推送作业指令，作业单位（自动化控制设备）根据指令进行作业实施。

4.3.3.5 消雾作业实施后的物理响应模块

通过布设的雾滴谱仪、激光能见度仪等仪器资料，获得作业实施前后的雾微物理特征变化，评估作业效果。

4.3.3.6 基于数值模式的消雾模拟评估模块

通过敏感性数值模式实验模拟来评估所选催化剂在不同作业用量、不同作业时机和不同的作业高度下雾的演变规律，为外场消雾作业改进提供技术基础。

通过接口方式，获取不同消雾作业下的飞机作业播撒数据，获取作业过程中的碘化银或液氮播撒的时间、持续时间、播撒范围、播撒位置以及播撒速率，通过构建碘化银或液氮催化过程与人影微物理方案实现对人影作业过程中的数值催化过程模拟，输出近地面层的降水、水滴、水凝物差异结果和比湿、水汽压等热动力差异结果数据信息。

通过碘化银或液氮催化数值模式实验模拟来评估所选催化剂在不同作业用量、不同作业时机和不同的作业高度下（一般在雾的上层）雾的演变规律，为人工影响天气消雾作业效率提供较可靠的催化过程模拟参照，为外场消雾作业改进提供技术基础。

4.3.4 小型气象雷达局地作业预警指挥组件

4.3.4.1 数据共享模块

大小型雷达探测融合在同一平台监测显示，利用小雷达小巧、部署灵活等特点，将其部署在大雷达的盲区，使其对大雷达盲区进行补充探测，实现大雷达与小雷达的联合探测，达到云系探测无死角的目标。

将小雷达数据接入区域中心系统，对雷达数据进行统一管理，实现数据共享。相邻的县利用共享的小雷达数据能有效掌握雹云的局地变化特征，及时了解云系局地变化情况，使上下游联防作业能够有效进行。

4.3.4.2 补充探测模块

小型气象雷达局地作业预警指挥系统将在天工 1.0 基础上，从数据支持、监测预警段功能支持、作业指挥以及实施段功能支持、效果评估段支持等多方面进行模块扩展。

利用小雷达小巧、部署灵活等特点，将其部署在大雷达的盲区，使其对大雷达盲区进行补充探测，实现大雷达与小雷达的联合探测，达到云系探测无死角的目标。

4.3.4.3 作业监测预警模块

利用小型雷达对探测范围内达到作业条件的云系进行跟踪监测，并对云系的结构进行分析。若该云系有雹云特征并且在一定时间内将进入或目前已处于某作业点的防区，则对该作业点进行作业预警，使之能够及时申请作业时间并进行作业准备。

4.3.4.4 作业跟踪指挥模块

作业跟踪指挥是在增雨防雹作业过程中，根据雷达回波特征参数得出是否作业的结论，确定作业站点、作业起止时间、方位角、仰角和用弹量等作业参数，并下达作业指令的过程。

4.3.4.5 作业效果评估模块

通过布设的小型天气雷达等观测资料，获得作业实施前后的云内部雷达回波的多种参数以及云物理变量的变化情况，评估作业效果。同时辅助 FY4 静止卫星云物理参数动态检验、降水量动态检验、特种资料动态检验分析，最后制作作业效果物理检验评估报。

利用小雷达的探测数据，对某云系作业前后的云宏观结构和微物理变化进行对比，并结合地面降水的时空分布进行分析，对本次作业的有效性进行评估。收集每次防雹（增雨）个例资料，建立个例数据库，实现作业经验的积累，并为以后的作业提供有效的指导。

4.3.5 基于区块链技术的人影装备弹药物联网组件

4.3.5.1 弹药信息加密采集模块

基于区块链技术之上实现库房管理、弹药的出入库、盘点、消耗统计功能的管理。

弹药出入库管理，汇集物管处人工影响天气作业装备弹药出厂验收质量管理体系和各市、县、作业点的人影装备弹药管理信息，基于地理信息系统实现全省弹药实时跟踪、动态展示。其中弹药库存管理基础信息包括：弹药 SN、型号、厂商、库存、库房货架和弹药

的详细参数信息等，实现一物一码管理。可以根据不同库房设置盘点时间，确保在库数量一致、弹药有效和实时更新。出装备状态：主要包括在库、出库、退回厂家、使用、归还、故障和报废等。装备状态变更实时对接中国局物联网系统。

4.3.5.2 弹药流转环节自动识别模块

弹药外场作业后需及时上报作业信息。立足于移动端 APP，实时采集、汇聚、存储各市、县、作业点上报的地面人影作业信息，建立数据库，收集地面作业各环节、各种类信息，对其进行标准化、一致性、完整性以及业务关联性等综合处理。

4.3.5.3 异常状态处理共识机制模块

目前在物联网的培训工作中，经常发现前端的作业人员在扫描弹药或弹箱时，出现误操作（把在库的进行入库，把库房外的进行出库等情况室友发生），各个省的物联网系统的处理模式都存在或多或少的差异，导致异常操作难以发现或是发现后难以处理、处理后没有有效记录等情况出现。在引入环节识别算法后，依然不能百分之百的保证不出现异常环节，因此系统通过建立异常处理共识算法，在底层建立起异常提醒，异常原因分析，异常处理策略生成等方式，确保误操作或误判断的信息在完整保存下来时并不影响业务的正常运转，从而提供了一个错误监测机制，使得人影物联网的信息真实可信。

4.3.5.4 弹药使用共识机制模块

在系统中，通过对接作业信息填报系统获取各个点的作业信息，将作业信息与弹药流转信息进行融合分析，实现弹药使用的共识机制的研发，从而实现弹药使用数量型号的自动化判断。

4.3.5.5 弹药信息记录查询与自动告警模块

以前的弹药信息查询主要是实现了弹药编码和各个流转环节的查询，无法发现信息的作假和流转环节的作假。通过新建的系统，可详细查询到弹药信息所对应的每一次扫描动作，以及所对应的环节，而且该信息私有链上具有不可篡改的特性。因此可通过信息的查询发现操作不规范、流转不规范等情况。并通过对不规范行为的数据变更异常，实现系统的自动告警，及时发现安全隐患。

4.3.5.6 APP 二次开发包模块

针对目前的物联网建设情况，有大部分区域已具有相应的扫描终端和与之匹配的 APP，本系统建设完成后，通过提供 SDK 的方式，将这些设备和应用软件接入进来，原有 APP 与中心的数据交互由 SDK 完成，系统提供 APP 二次开发包：系统上述所有功能函数

和前端组件的特定功能的预编译代码库（如静态库或动态库）、SDK 运行所需的第三方库和组件、开发者指南或 API 参考文档，详细说明如何使用 SDK 中的各个组件。

系统接口定义详细的 API 文档，包括接口描述、使用示例、错误代码等，以便开发者理解和使用。接口具备访问控制功能确保只有授权的用户或服务能够访问和调用接口，使用如 OAuth、JWT（JSON Web Tokens）等认证机制，保障接口安全。

4.3.5.7 WEB 的数据服务接口模块

通过 WEB 数据接口服务实现用户链上数据的使用，原有物联网系统通过调用接口实现数据的应用和业务数据的写入，接口自动完成数据到链上节点的传输，进行自动判断、分析和存储。

4.3.5.8 用户分类管理模块

为确保未来新引进的物联网设备能实现无缝的对接，整个系统在设计上对用户进行分类，包括设备类用户、业务使用用户、业务监管用户、系统维护用户。

4.3.6 基于知识图谱的人影业务流水线加工组件

（因为模块划分的逻辑不一样，模块和初设批复的不完全相同，我也不知道如何调整）

4.3.6.1 人影业务知识图谱构建模块

知识图谱建设服务于人影业务自动化处理流程、信息检索、数据集成、人工智能等。知识图谱建立实现人影系统中的基础信息、产品信息、作业信息等一体的知识图谱。知识图谱数据源将从气象大数据云平台、MICAPS、SWAN、本地数据环境、智能预报系统等结构化、非结构化或半结构化数据。开发使用面向服务的架构对数据源进行定时抽取和分析，存储使用基于表结构的存储和图结构的存储相结合。评估数据源的质量、可用性和相关性，确定知识图谱三元组：实体、关系、属性，设计知识图谱的模式包括类别体系和关系模式。

4.3.6.2 人影业务处理流程自动化调度模块

基于知识图谱对外开放的 API 和开发文档，天擎加工算法、第三程序可以实时调用知识中心，可使用人影业务基础数据、产品生成、调度指挥、各行业等类别知识图谱。建立人影业务处理自动化调度功能，自动化流程分为多模式服务请求、服务识别推理、人影

业务处理流程。多模式服务也为自动化调度的开始，请求分为主动式、被动式请求。请求完将数据推送到服务识别推理阶段，进行信息抽取、本体构建、知识融合、生成网络、智能学习。最后将成果融合到人影业务处理流程中，人影业务处理流程分为流程定义、流程配置、流程调度、流程监控、日志管理。人影业务处理流程自动化调度实现更易用、高效、智能。

4.3.6.3 与气象大数据云平台适配模块

将人影业务系统产品、知识图谱、通用的服务接口、前端组件等成果融入气象大数据平台。将人影系统产品注册到天擎元数据管理中，人影产品生成提交到天擎湖中。系统构建进行标准化、格式标准的对接、显示风格的统一、人影算法的通用和开放，按“云+端”的思路，设计“云收集、云存储、云计算、云服务”的系统架构。

基于知识图谱，将地面作业信息、人影指挥信息、综合探测资料、飞行作业等加工算法注册到产品加工系统算法库，并在天擎加工流水线调度运行，生成的产品数据写入天擎专题库，前台直接这些产品。并且提供了个性算法汇入接口，形成算法“众智平台”，支持算法新增、修改、删除、查询、审批与共享。实现西南人影系统中流水线加工功能可以与气象大数据云平台中的流水线加工功能进行无缝隙的对接以及调度兼容执行。

4.3.7 基于三维可视化的人影业务指挥调度展示

4.3.7.1 作业前电子沙盘展示模块

增加天气资料的三维动态展示功能，把西南区域各类气象资料映射到其相关的三维动态模型中，并在电子沙盘上进行叠加建筑物、地形等，形成基于三维沙盘（即三维地图）的预报和实况数据产品的展示，用户可根据时间、区域、数据产品展示图层等进行选择查看。

包括对地面作业设施和空中作业设施的人影作业保障装备的三维仿真展示，其中地面作业设施包括高炮炮架、火箭发射架、烟炉、作业车辆、炮弹、火箭弹、焰条的作业保障装备三维仿真可视化；空中作业设施包括飞机的三维仿真可视化。

天气现象场景制作（实现强降雨、雷暴、冰雹等天气三维展示场景制作）；预报产品制作（面雨量、预报温度分析图等产品图片制作）；实况产品制作（三维雷达（风云、葵花）和三维卫星产品制作）；三维电子沙盘渲染（西南区域电子沙盘），三维电子沙盘展示（通过气象和人影数据实时展示和渲染）。

4.3.7.2 作业中指挥调度展示模块

改造作业指挥调度的作业执行反馈模型，将不同的作业点进行状态化服务封装，以场景化编排展示作业的全过程，全局化反馈作业指挥的全过程和全状态。实现人影作业中的指挥调度展示，根据从其他子系统读取的作业方式方法进行实时展示。

人影业务查看（实现人影作业中的指挥调度展示，对飞机作业、地面作业时的实况进行实时三维显示）；并可叠加气象观测数据资料（雷达、卫星等数据资料）显示。展示人影作业业务，是针对人工增雨（雪）、消雾（霾）或消雹；人影作业的区域（展示出单个或多个正在执行的人影作业的区域范围，可点击查看每个作业点的详细信息）；人影作业过程的视频集成和调取模块（按照作业中、空域申请中、作业结束等分状态展示区域内的作业点。其中，具备条件的作业点能调取作业点实时监控。同步采集的作业信息。不能实时上传监控视频的作业过程能上传作业点视频监控。按照设定的时间周期能保存和调取作业视频）；人影作业炮弹三维场景展示（展示出单个执行的人影作业炮弹三维场景，包括：大炮类型、炮弹发射情况（弹药情况、发射角度、作用范围等），可根据时间和作业工作选择查看历史的三维作业情况）。

4.3.7.3 作业后检验评估展示模块

在原有人影云计算平台上追加仿真模型及仿真算法，对检验评估后的数据进行仿真模拟和展示，并通过人影云服务中的人影综合业务桌面系统、app 网站、手机 app 进行服务展示和推送。实现人影作业后，根据检验评估的数据进行仿真展示，并根据天气现象实况数据进行可视化同屏直观展示对比，以便后续对人影作业中不断优化和完善。

4.3.8 基于流程调度的算法仿真中试平台组件

在原有人影云存储中建立人影算法测试数据集，在人影云计算系统中追加扩展算法仿真中试引擎，并在原人影云计算系统中扩展中试算法库。建立一套数据完善、引擎稳定、中试算法独立、可验证性强的算法仿真中试平台。

4.3.8.1 基础配置管理模块

实现仿真软件配置管理和文件服务管理功能。

4.3.8.2 仿真算法注册模块

在算法进入算法库之前的开发阶段即对需要进行仿真测试的算法进行注册和过程管理，当算法经过仿真测试成功之后，信息自动转至算法库中，无需人工操作。

4.3.8.3 作业流程仿真编排

实现在线的作业流程（算法）仿真编排，支持并行、串行等编排方式，以流程图的形式存储编排结果，明确每一个流程的开始节点、中间过程和结束节点的关系，中间过程中每个节点对应的算法及算法的输入输出参数，为后续算法作业流程仿真提供支持。

4.3.8.4 仿真流程调度引擎

设计实现仿真流程引擎，通过解析作业流程配置信息，调度作业流程中的算法在不同的服务器运行，控制作业流程的走向，包括流程的启动、暂停、激活、停止等，并在执行过程中反馈每个算法的执行情况。支持串行、并行的流程设计执行方式，支持子流程设计和使用。

4.3.8.5 测试用例库管理

记录和管理仿真过程中每个算法用到的测试用例，并与算法版本进行绑定，与作业流程、算法等同时使用，便于快速进行算法的仿真测试。

4.3.8.6 仿真运行环境配置

实现仿真运行环境的配置，并将配置信息进行统一管理，为不同的算法执行仿真作业提供运行环境。同时指引调度引擎进行调度分配。

4.3.8.7 仿真运行管理

通过调度引擎，采用手动、定时、事件触发等方式启动算法作业运行，并对运行过程进行统一管理，包括作业流程的起停、算法的起停等。

4.3.8.8 仿真过程监视及信息收集

对算法仿真过程进行全程监视，收集仿真过程中的输入输出信息，并与算法版本进行统一管理，每一个版本对应的仿真输入输出参数一并进行记录，便于重现仿真过程。

4.3.8.9 仿真报告管理

对整个作业流程执行过程和结果进行分析，形成作业流程分析报告，支出输出报告；对每个算法的执行情况进行分析和报告，有助于算法和作业流程的修改、调优。

4.3.9 地面作业空域调度组件

包括综合监测、中心端管理、APP 客户端、时钟同步、后台配置管理五个部分。

4.3.9.1 综合监测模块

主要包括电子航图显示（系统通过对电子地图的配准、投影变化及几何变换，并对对象信息提取，实现电子航图显示功能，并提供方便的操作功能）、航路信息分析（采用 GIS 技术的空间分析技术实现空间查询、空间量算、缓冲区分析、叠加分析等功能。）功能。

4.3.9.2 中心端（Web 端）管理模块

主要实现人影业务信息显示（在 GIS 地图上，以图形、列表等多种形式对人影业务信息进行动态显示。能根据作业点的经纬度，显示作业点的位置，并可查看作业点人员、装备及相关属性信息。）、空域申请与批复交互信息显示（包括预批复、空域申请、空域批复、作业状态、预申请、空域实时申请、状态监控，各级管理人员在 WEB 系统中实时对作业区域、作业站点的空域申请和批复情况进行状态监测。）、数字化通话记录查看（访问通过电话申报空域的录音文件的存档服务器，对存档的录音文件进行查看。）、地市作业信息管理（以列表形式显示地市作业信息，支持对地市作业信息进行管理，包括审核、编辑、删除等）、统计查询（对预计划、空域申请统计、作业点统计、作业装备等条件进行查询展示，并能根据相关的条件进行某一时段、某一作业点的空域申报情况、批复情况、作业情况等查询统计展示。）、各省空域申请信息综合汇集（除了四川省的信息外，还能汇集展示其他省地面作业的空域申请、批复、作业点是否在作业状态等）。

4.3.9.3 APP 客户端模块

和弹药扫描终端集成。包括人影业务信息显示（在 APP 上，默认以当前位置为中心，以图表形式显示附近作业点的分布情况，点击某个作业点图标，能显示作业点人员、装备及相关属性信息。）、空域申请与批复交互信息显示（作业点做好准备后，作业人员通过部署在物联网移动终端或其他终端设备上的 APP 进行空域申请，只需选择作业类型，其他信息自动获取。APP 上能及时显示空域申请的反馈信息。）、数字化通话记录查看功能（通过 APP 查看存档的录音文件，默认查看所在位置最新的录音文件，便于核实自己的录音文件。可以通过作业时间、作业装备等查询条件对历史的录音文件进行查看。）。

4.3.9.4 时钟同步模块

主要实现同步基本信息、时间同步方法、服务器时钟校对（通过各类配置模块使服务器时钟同步）、客户端时钟同步（通过各类配置模块使客户端时钟同步）等功能。

4.3.9.5 后台配置管理模块

主要包括用户管理（根据用户性质进行用户分类管理，配置空域申请类用户、安全监管类用户和超级管理用户。）、权限管理（根据角色进行用户权限的管理，包括新建角色、禁用角色和给角色分配权限等。）、日志管理（整个系统各流程、各环节的关键时间节点、关键环节、关键步骤、对整个系统有影响的事件，对业务质量有影响的事件，对业务回溯有影响的事件都有日志记录。）等功能。

五、关键指标要求

序号	关键指标项	平台或系统名称	指标描述
1	#	基于天工1.0的本地化移植分系统	<p>试验示范基地数据分析组件</p> <p>数据管理模块：采集试验示范区内的各种数据资料，并进行数据质量控制和数据初步处理同时以文件、数据库等方式保存本地原始资料，建立资料的索引目录和资料采集日志，数据维护与管理功能，并实现向作业指挥系统的实时数据传输。</p>
2	#	基于天工1.0的本地化移植分系统	<p>基于大数据云平台的“云+端”结构下的人影资料交换系统改造</p> <p>依据大数据云平台的数据纳入标准，按照其要求，实现人影特种观测数据、作业信息、管理信息、各级产品的数据采集并进行格式检查、转换、编解码、分发等规定流程处理。</p>
3	#	基于西南区域特性化需求的指标算法建设分系统	<p>本地个例库建设</p> <p>建设不同层级的人影个例库，将筛选、补充、集成、打包之后的数据接入个例库中，并进行定期更新，使这些资料更加方便使用。其中，定期更新需要提供更新规则的定义，包括更新类别、更新周期等定义，然后按照更新规则实现数据库的更新，使这些资料更加方便使用，再建立录入及检索界面，并形成一个人机互动的管理系统。</p>
4	#	基于西南区域特性	<p>本地指标体系建设</p> <p>作业需求分析指标：通过对气象、水利水文、森林防火和</p>

		化需求的 指标算法 建设分系 统	生态环境等观测数据的收集，根据实况数据监测算法和阈值指标，结合预报预警产品、高时空遥感探测等多源数据进行综合分析，建立自动人影预警算法，形成未来 1-3 天人影作业需求。
5	#	基于西南 区域特性 化需求的 指标算法 建设分系 统	本地化效果检验评估建设 统计检验效果评估：利用其余三种方案进行作业效果统计检验时，均需事先确定作业影响区和对比区。统计检验主要有序列分析、区域对比分析、双比分析和区域历史回归分析四种方法。
6	#	基于西南 区域特性 化需求的 指标算法 建设分系 统	本地化效果检验评估建设 物理检验效果评估：根据云和降水形成原理和人工影响的机制，利用直接探测、遥感探测和催化剂示踪等各种探测技术，分析由催化导致的云降水宏微观物理响应。
7	#	基于西南 区域特性 化需求的 指标算法 建设分系 统	本地化效果检验评估建设 数值模拟检验效果评估：通过定量预报催化与不催化情况下云的宏、微观参量和地面降水，并与实际观测结果比较，判断作业效果。数值模式不仅能够模拟云和降水的主要过程，而且能够输出多种云降水宏、微观物理参量，以及催化剂扩散传输范围和作业影响区等效果评估产品。。
8	#	基于天工 1.0 已有 基础的新 功能完善 和升级分 系统	基于三维可视化的人影业务指挥调度展示 作业中指挥调度展示模块：人影业务查看（实现人影作业中的指挥调度展示，对飞机作业、地面作业时的实况进行实时三维显示）；并可叠加气象观测数据资料（雷达、卫星等数据资料）显示。

9	#	基于天工1.0已有基础的新功能完善和升级分系统	<p>冰雹监测识别模块</p> <p>主要依据闪电定位系统、卫星云图和天气雷达等实时掌握冰雹的分布及演变状态的功能。能通过闪电点位系统测量风暴中的闪电频数；通过卫星云图分辨中小尺度系统云，分析每个云团的结构并与降雹实况对比；通过天气雷达监测冰雹云，对可能降雹的回波进行连续跟踪观测，在回波产品中，识别出现的特殊回波形态、运动特征以及回波参量的变化等。</p>
---	---	-------------------------	--

六、团队要求

乙方提供不少于9人的实施团队，其中软件开发人员不少于7名，并至少有1名具有信息系统项目管理师（高级）或高级工程师（或以上职称证书），并提供上述团队的重大活动（任务）驻场服务，软件项目终验前，驻场开发团队不少于2人。

七、非功能性要求

一、约束条件

为保证系统的正常运行，使系统能够满足项目在响应速度、用户并发数以及资源利用率等方面的要求，并在一些严格的场合下也能保证系统的正常运行，就需要对系统运行时的性能有一定的要求，对响应速度、用户并发数以及资源利用率等方面的具体性能要求如下：

主程序加载时间<2s；

监测信息的滚动条反应时间<2s；

等值线分析相应时间<2s；

色斑图分析相应时间<2s。

本地查询，系统对用户操作的反应能力原则上不超过2秒；

远程查询，应该在 3 秒内做出反应，长时间操作需要有进度条提示；

在数据量小于 1M 的情况下，直接打开 MICAPS 分布式数据的时间不超过 2 秒；

C/S 系统能够支持 20 个以上用户的并发访问；

B/S 系统满足不同级别至少 300 个用户使用系统，至少 100 个并发访问数量。

二、性能指标

为保证系统的正常运行，确保系统能达到需要的性能要求，对系统的公共功能设定了下列性能指标：

（1）数据读取性能指标

系统在气象专业数据读取中，根据不同的气象数据设置不同的性能指标：

数据类型	数据量	性能指标
MICAPS 分布式数据	≤1M	≤2 秒
雷达产品	≤1M	≤2 秒
卫星云图（AWX 格式）	≤1M	≤2 秒

（2）数据库操作性能指标

系统在对数据库数据进行读取、更新、删除和导入操作时，反应时间根据对象数据量的不同而不同，在表记录 1000000 条的条件下对数据库操作设置以下的性能指标：

操作类型	数据记录	性能指标
查询	1000 条	≤2 秒
删除	1000 条	≤1 秒
更新	1000 条	≤10 秒
导入	10000 条	≤60 秒

（3）数据存储性能指标

对于气象预报产品、落区图、专题图等预报服务产品的数据存储，需要高效、规范的

数据访问接口服务。

根据不同的数据类型设置不同的存储性能指标：

数据类型	数据量	性能指标
MICAPS 分步式数据格式	≤1M	≤2 秒
JPG 格式	≤1M	≤2 秒
Word 格式	≤1M	≤2 秒
PDF 格式	≤1M	≤2 秒
XML 格式	≤1M	≤2 秒

三、系统整体性能指标

空地数据收集性能指标：飞行轨迹、作业信息下传地面≤5 秒；

减错增效指标：空地按秒级下传的机载微物理探测资料通过分析，可明确冷暖云类型和催化剂选择，使错误率下降 15%；

产品自动生成性能指标：产品所需资料收集完备后，1 分钟内完成识别产品自动生成。按指定格式生成产品时间≤2 秒。

数据并发访问性能指标：分布式数据存储可同时支撑>50 个数据并发访问。

客户端并发性能指标：主程序加载时间<2 秒；C/S 系统能够支持 20 个以上用户的并发访问；B/S 系统满足不同级别至少 300 个用户使用系统，至少 100 个并发访问数量。

指令接收时效性能指标：指令或方案要在秒级到达飞机端和作业点移动终端上显示。

（5）局域网络及其他性能指标

在标准 PC 客户端、标准服务器和标准局域网条件下：

数据编辑操作的响应时间小于 2 秒；

气象专业数据显示刷新时间小于 2 秒；

地图上要素选择的响应时间小于 1 秒；

地图输出为图片的时间小于 2 秒。

四、其他非功能性要求

1、稳定性、可靠性与容错性

在软硬件的设计实现上要考虑系统长期运行的稳定性和可靠性，软件在运行期间，针对任何一个重要操作，都必须具有判断错误的能力，具有一定的容错性，必要时可以进行恢复性操作，否则要发出报警消息，以便于人工干预。系统业务运行时必须具有较高的稳定性和故障后快速恢复的能力。具体要求如下：

应用软件开发中严格遵循软件工程国家标准的发展、测试和集成规范。

在双机集群的硬件和软件平台可靠性的保证下，系统在 5 分钟内恢复运行状态。

2、可操作与易用性

快速部署：可以在最短的时间里，进行应用结构和功能的定义、设计、实现；

维护和操作简便：对维护人员、使用人员界面操作简单，易懂，操作所见即所得；基于 B/S 的管理界面用户端，只要支持浏览器就可以完成全部操作；

模板支持：提供模板技术发布信息页面，使得系统应用、检索页面的定制简单、快速。

3、开放性与可扩展性

系统应具有较好的可扩展性，为新增业务、新增资料的灵活、快速扩充和改造提供方便。信息化建设是一个循序渐进、不断扩充的过程，系统采用分层设计和构件化的开发方法，为与其他系统的连接预留接口，为今后系统业务功能（包括新数据格式支持、业务流程与算法、可视化展示等功能）扩展和集成留有扩充余量。系统建成后要能够在适应目前需求的基础上，满足人影指挥中心业务近期、中期甚至长期时间范围数据和业务快速增长的需要，充分地将来可预见的性能扩充留有余地，并具备方便地扩展系统容量、处理能力和支持后续新的气象业务部署上线的能力，根据业务发展的需要可以进行灵活调整，实现信息应用的快速部署，在不影响系统总体运行的情况下实现新功能的开发、新业务的集成。

系统具有标准化和规范化的框架设计，提供二次开发条件，各省级单位根据业务需要和数据特点在总体框架下能够开发本地应用模块，接入本系统，实现本地化的共享服务。

系统支持 XML、SOAP、Web Service 等当前受到普遍支持的开放标准，保证系统能够与其它平台的应用系统、数据库等相互交换数据并进行应用级的互操作性和互连性。

运行环境可扩展性：系统能够部署到集群环境工作，支持动态增加集群数量提高响应能力。

数据服务可扩展：1) 在系统设计中要考虑到未来观测站点数量增加问题的解决办法；2) 在系统设计中要考虑观测频次变化的解决办法，根据观测频次变化情况提供服务。

4、可维护性与可管理性

(1) 可维护性

除了要求系统本身具有良好的维护性外，还应当拥有离线的维护环境，以便在不影响正常业务的情况下进行软件的维护工作。

对软件设计的要求应包括软件的易分析性、稳定性和易测试性。

(2) 可管理性

软件具有一个完善的管理机制。系统必须安装方便、灵活配置、使用方便，同时要求有较强的系统管理手段，系统能够合理地配置、调整、监视及控制，保证系统的良好运作。

(3) 系统部署灵活可裁减

人影作业指挥应用系统部署具备灵活的、可裁减配置功能，可根据需要安装配置软件系统。

5、人机交互界面展现

界面设计：美观大方、重点突出、易用，能反映人影业务特点；栏目设置应有条理，能够系统、全面地反映人影业务的全貌。

有一定访问权限的信息应采取必要的安全措施加以控制。

页面层次：形象页、主页、动态栏目页、内容页。

人机交互界面展现：当用户选择的条件，无记录时应返回友好提示；页面设计紧凑，尽量减少出现滚动条。

八、布局与部署要求

按照区域人影指挥中心和省级人影指挥中心在通信数据量和管理等方面的不同需求，

西南人影作业指挥应用软件系统在区域级作业指挥中心、省级作业指挥中心、市级作业指挥中心、县级作业指挥中心以及作业点分别部署。

九、安全要求

最终提交的系统要满足信息系统安全三级保护的基本要求，重点在身份鉴别、访问控制、安全审计、软件容错、数据安全性和保密性等方面，并配合用户完成第三方安全等保评测机构针对所交付系统的评审。

十、交付要求

1.交付文档

序号	阶段任务	工作内容	交付物	开始时间	完成时间
1	需求分析	提交软件需求阶段应提交的各类文档，通过评审。 需求分析包括所有软件功能的分析。	软件需求调研报告、需求分析报告、需求规格说明书		
2	概要设计	提交软件概要设计阶段应提交的各类文档，通过评审。	概要设计说明书		
3	详细设计	提交软件详细设计阶段应提交的各类文档，通过评审。	详细设计、数据模型设计、系统原型设计、数据		

序号	阶段任务	工作内容	交付物	开始时间	完成时间
			字典		
4	编码和调试	完成程序编码、调试和单元测试，提交系统阶段测试版本。			
5	集成测试	完成系统功能应用集成、测试方案、测试报告。	软件测试方案、软件测试报告		
6	项目初验与试运行	通过软件初验评审，提交系统试运行版本，进入试运行。	用户手册、运行维护手册、培训教程、系统部署及配置说明书、试运行报告及问题汇总表、试运行和质量保证期的故障报告单		
7	项目终验	试运行通过后，提交合同规定材料，对系统进行参数调优，系统正式上线运行	技术总结报告、项目验收报告		
8	售后运维服务	合同验收完成后提供 8 年质保。			

2.培训

本项目建设过程中及建成运行中，需要进行多方面、大范围、深层次的技术培训工
作，预计培训 XX 人次。乙方需提供针对本项目的详细培训方案，对甲方的技术人员进行

现场培训和集中培训，并应在进行培训之前向甲方提交一份详细的培训计划。培训的时间和地点由甲方共同确认。相关培训费用由乙方承担。乙方需要提供培训时相关的培训资料，如 PPT、产品资料等，均需要中文版本。确保每一位软件系统使用人员能够独立、熟练地完成操作，保证系统用户能够独立处理软件系统故障和进行简单的功能调整。确保培训次数不少于 10 次，每次培训时间不少于 5 天，培训总人次不少于 200 人次。

3.售后服务

4.1 在质保期内软件系统发生异常情况，在接到甲方的通知后，乙方技术人员应提供 7*24 小时的服务响应，随时进行电话应答；10 分钟内完成远程技术支持。需要现场解决的问题，乙方技术人员须在 1 小时内到达现场。质量保修期后，乙方仍应根据合同要求向招标人提供技术服务，以合理价格提供软件功能改进技术服务。

4.2 乙方必须承诺提供长期的咨询和技术支持服务，提供重大任务（活动）期间的驻场服务保障。

4.巡检巡查

软件质保期内每周开展一次业务软件全面巡检，并出具巡检报告。乙方巡检包括 CPU 和内存、磁盘使用率指标状态；数据库、中间件、组件等基础软件运行状态；业务软件及页面功能运行状态；软件 bug 发现与修复情况等，确保软件系统稳定运行。

5.软件系统变更承诺

系统开发及维保阶段，甲方拥有 15% 的软件需求增加及变更权利。

十一、知识产权要求

1.乙方应保证，甲方在中华人民共和国使用该开发成果的任何一部分时，免受第三方提出的侵犯其知识产权的索赔或诉讼。如果第三方提出侵权指控，乙方应承担由此而引起的一切法律责任和费用。

2.如果甲方在使用该开发成果的任何一部分时被任何第三方诉称侵犯了该第三方知识产权或任何其它权利，甲方应立即通知乙方。乙方应负责处理这一指控并应以各自的名义自负费用向起诉方提出抗辩。由此可能产生的一切法律责任和经济责任均由乙方、承担。甲方将尽可能地对乙方、抗辩给予协助，由此发生的费用由乙方承担。

3.如果甲方发现任何第三方在甲方被许可的范围内非法使用甲方获得的知识产权，甲方应通知乙方。乙方应在收到甲方通知后 14 日内采取适当行动以制止非法使用行为；否则，如果甲方要求，乙方应授权甲方根据中国法律规定对该第三方提起诉讼，并给甲方尽可能的协助。甲方应负担诉讼中发生的全部费用，并有权获得判决给付的全部赔偿。

4.本项目实施完成新产生的所有技术成果（包括但不限于软件、源代码、技术资料及数字化成果）的所有知识产权（包括但不限于软件著作权、专利权、商标权、专有技术等权利）的所有权、使用权、转让权以及收益等一切权利归甲方享有，本项目实施完成的发明创造的专利申请权、非专利技术的使用权、转让权归甲方享有，乙方未经授权不得留存或提供他用，乙方有责任对本项目相关知识产权进行保护，并及时通报知识产权权属变化等情况。

5.项目中由甲方提供或改进算法和方法的成果和产权归甲方所有，乙方未经甲方同意不得转移或使用。

6.项目的学术成果归甲方所有，多方合作发表学术论文，乙方不能单独发表学术论文。

十二、项目实施进度计划

本工程项目施工期 12 个月：

2024 年 11-12 月，完成招标采购与合同签订；

2025 年 1 月，完成天工现有版本的本地化移植部署；

2025 年 2-3 月，完成西南人影指挥系统本地化的体系结构设计；

2024 年 4 月，完成西南人影指挥系统本地化的详细设计；

2025 年 5-10 月，完成西南人影指挥系统本地化编码开发；

2025 年 11 月，完成西南人影指挥系统本地化用户测试；

2025 年 12 月，完成西南人影指挥系统业务试运行并组织合同验收。

十三、项目验收

1.项目初验

乙方执行完成全部合同义务，需进行部署测试并由乙方委托具备相应检测资质的第三方出具测试报告，及时向采购方提供完整的初步验收资料和项目整体初验申请。甲方在收到乙方验收申请 10 个工作日内开始组织项目整体初验。初验文档应包括但不限于本项目相关的合同、调研材料、总体设计方案、集成方案、项目过程文档、安装调试记录等。项目验收流程清楚，并有详细的验收方案、测试方案等。

2.等保测评和商用密码应用安全性评估

协助甲方进行等级保护测评申请准备，提供相关资料，共同完成信息系统等级保护测评和商用密码应用安全性评估工作。

3.试运行

项目整体初验合格并通过等级保护测评和商用密码应用安全性评估后，进入为期 1 个月的整体试运行期。整体试运行期内，乙方进行故障处理和应急保障工作，服务标准不低于售后服务期技术支持的要求。乙方提交整体试运行报告，由业主方对其进行确认。系统连续稳定运行 1 个月以上，提出验收申请，同时提交项目验收材料。验收申请文件内容包括：项目启动时间；上线、试运行时间；项目实施、培训情况；试运行情况；应用效益及效果分析等。申请项目竣工验收需同时提交项目验收工作报告、试运行报告、项目实施过程文档和测试大纲。

4.项目终验

通过等保测评和商用密码应用安全性评估且合格后，涉及本项目部分的内容需根据测评意见进一步整改完善，达到终验条件。乙方向招标人提供完整的终验资料、试运行报告、用户培训报告、用户使用报告和整体终验申请、项目总结。在收到乙方终验材料和验收申请，由招标人确认是否具备终验条件，经确认若具备条件，则开始组织项目终验。终验文档包括但不限于初验中的全部文档、试运行记录及报告、初验报告、终验报告等。

验收评审采用会议方式进行。评审组成员由甲方选定的专家组成，形成验收评审结论。项目竣工验收后，项目组应对项目全过程的文件材料进行整理，提交甲方备案，案卷质量应符合国家相关规定，相应的电子文件应一并移交归档。

5.其他配合工作

乙方在项目终验之后提供完整的项目过程材料，并配合甲方完成项目验收及其它需要配合的工作。

6.交付物要求

6.1 软件交付物

软件交付物包括：软件开发源码及程序说明和软件安装包。

6.2 文档交付物

软件文档交付包括软件文档和项目实施文档。

a.软件文档包括：软件需求调研报告、需求分析报告、需求规格说明书、概要设计说明书、详细设计、数据模型设计、系统原型设计、数据字典、软件测试方案、软件测试报告、用户手册、运行维护手册、系统部署及配置说明书、技术总结报告等。

b 项目实施文档包括：项目周报、会议纪要、试运行报告及问题汇总表、试运行和质量保证期的故障报告单、培训教程、项目验收报告等。

十四、履约保障

本合同约定质保期为 8 年。

1.合同签订后，收取合同总价的 10%履约保函。

2.合同终验后 10 个工作日内退还合同总价 7%的履约保函，剩余保函在质保期（8 年）结束后退还。